

リニアモーターの研究

2年C組 小掠 公平

指導教員 米田 隆恒

1. 要約

私はリニアモーターの簡易模型を製作し、その模型を用いて磁力、電流、力の関係を実験で調べた。その結果、フレミングの左手の法則が成り立っていることを実証できたので報告する。

キーワード リニアモーター、磁石、電流、力、フレミングの左手の法則

2. 研究の背景

近年、様々な場所でリニアモーターが利用されている。私はこれに興味をもち、調べてみたところフレミングの左手の法則が関係していることを知った。フレミングの左手の法則とは、電流の向きと磁力線の向きが与えられたとき、電流にはたらく力の向きを決める法則である。

棒をのせる。

- 2本の銅のレールの1本ずつに+と-の電圧を加え、金属棒に電流が流れるようにする。この際、金属棒は2本の銅のレールに垂直になるようにのせておく。また、その金属棒が磁石に触れないように注意する。

3. 研究1

研究目的は、リニアモーターを製作し、フレミングの左手の法則が成り立っているかどうかを調べることである。

(2) 仮説1

最初に予備実験として、①～⑤の仮説を立て、実験を行うことにした。

<仮説1>

(1) リニアモーターの製作

フレミングの左手の法則が成り立っているかどうかを調べるために、簡易リニアモーターを製作する。以下にその手順を示す。

- 銅のレールを2本平行に並べる。
- レールの間、フェライト磁石をすべて同じ向きにして並べ、両面テープで固定する。このとき、磁石の高さが銅の棒より、高くなってはいけない。
- 2本のレールに垂直になるように、金属

- ①すべての磁石を、N極を上に向けて電流を流すと、金属棒が動く。
- ②電流の向きを①と逆にすると、金属棒の進む向きが①と逆になる。
- ③磁石の極(N極・S極)を逆にすると、金属棒の進む向きが①と逆になる。
- ④電圧を0Vにすると、金属棒の動きが遅くなる。
- ⑤磁石を取り除くと、金属棒の動きが遅くなる。

ただし、実験④以外は電流の強さは同じである。また、磁石の強さは同じである。

(3) 実験結果

- ①：金属棒は動いた。
- ②③：金属棒は①と逆の向きに進んだ。
- ④⑤：金属棒は動かなかった。

(4) 実験結果からわかったこと

- (A) フレミングの左手の法則で示された向きに金属棒は動いた。
- (B) 電源の+と-を入れ替えると金属棒の進む向きが逆になる。
- (C) 磁石のN極とS極を入れ替えると金属棒の進む向きが逆になる。
- (D) 電流や磁力線の向きを逆にしたときもフレミングの左手の法則にしたがって、金属棒は動いた。
- (E) 電流が流れなくなると、金属棒は進まなくなる。
- (F) 磁力がなくなると、金属棒は進まなくなる。
- (G) フレミングの左手の法則は、電流と磁力線のどちらが欠けても、金属棒に力が働かなくなること示す。
- (H) また何度も使用しているうちに、だんだん金属棒が動かなくなってきた。その原因を調べた結果、銅のレールのさびによって電流が流れにくくなり、金属棒の動きが弱くなっているのに気がついた。

これらから、次のことがわかった。

- (I) 金属棒や銅のレールがさびていたり、汚れていたりすると動きが弱くなる。

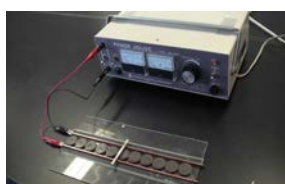


図1 実験の様子

4. 研究2

ここで、上記(E), (F)から新たな課題が生じた。

(1) 新たな課題

④や⑤とは逆に、電圧や磁力を強くしたらどうなるのだろうか。

そこで、次の仮説2を立て実験した。

<仮説2>

- ⑥電圧を①のときよりも強くすると、力も強くなる。(ただし、磁石は①と同じ)
- ⑦磁石をより強力なネオジウム磁石に変えると力が強くなる。(電圧は実験①と同じ)

(2) 実験結果

- ⑥：金属棒の動く速さは、元の速さより少し速くなった。
- ⑦：元の速さと変わらなかった。

(3) 実験結果からわかったこと

- (J) 電圧を強くすると、力が強くなる。
- (K) 磁力を強くしても強さは変わらない。
また⑥では、銅のレールと金属棒の間で火花が大量に飛んでいた。そこから、次のことがわかる。
- (L) 電圧を上げすぎると、銅の棒と金属棒の間で火花が飛び散る。

5. 研究3

(1) 課題

金属棒は本当に、銅のレールからの電気によって、動いているのだろうか。

そこで、次の仮説3を立て実験した。

<仮説3>

- ⑧銅の棒の表面に、電気を通さないスティックのりを塗ると、表面からの電気

を通さなくなるので動かなくなる。

(2) 実験結果

金属棒は動かなくなった。つまり、電気は銅の棒の表面を伝わり、金属棒に流れるということがわかる。

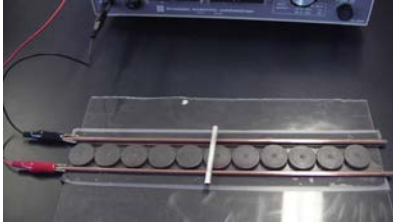


図2 動きの止まっている様子

6. 研究4

⑥と⑦では、電圧や磁力の違いがはっきりせず、微妙な差だったので、もっと違いのはっきりした実験装置を考えてみることにした。

そこで、反応を大きく感じられるように細い銅線に電流を流し、そこからわかる反応を探っていくことにした。

その結果、次のような実験装置ができた。

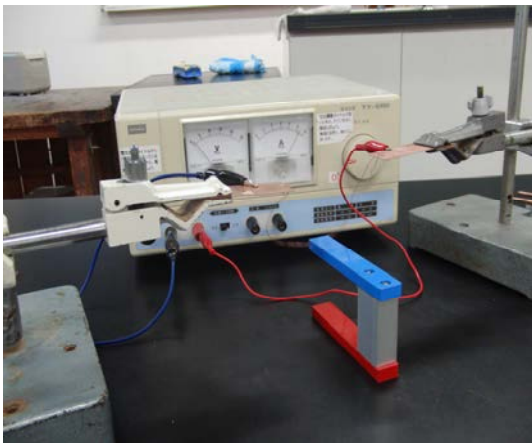


図3 新実験装置

装置は、2つのスタンドに銅の板を同じ高さで向かい合うように固定し、そこに端

をフック状にした銅線を掛け、下にU字型磁石を置き、電気を流す。

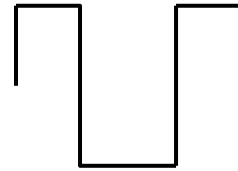


図4 フック状の銅線

すると、フレミングの左手の法則により銅線が前後に揺れる。そのとき触れる方向などを、チェックした。①～⑦に対応して、仮説4として①'～⑦'を実験によって確かめることにした。

(1) <仮説4>

- ①' 電源をつなぐと、片側に揺れた後、振り子のようにまた反対側に揺れる。
- ②' 電流の向きを逆にすると、①' と反対側に揺れた後、①'と同じように振り子のように動く。
- ③' 磁力の向きを逆にすると、①' と反対側に揺れた後、①'と同じように振り子のように動く。
- ④' 電圧がなくすと、フレミングの左手の法則が働かなくなり、動かない。
- ⑤' 磁力がなくなると、④'と同様の理由で動かなくなる。
- ⑥' 電圧を強くすると、①' より大きく、速く揺れる。
- ⑦' 磁石を強くすると、⑥' と同じく、①'よりは大きく、速く揺れるが、磁石から離れると、当然、力は弱くなるので⑥'ほど大きく、速くは揺れない

(2) 実験結果

- ①' : 片側に上がったあと、磁石より少しあがったままの状態そこから小

- さく、上がり下がりを繰り返した。
- ②'：電流の向きを逆にすると①'とは反対側に、①'と同じように上がり下がりを繰り返した。
- ③'：磁力の向きを逆にすると、①'とは反対側に、①'と同じように上がり下がりを繰り返した。
- ④'：電気を流さなくすると、まったく動かなかった。
- ⑤'：磁力を無くすとまったく動かなかった。
- ⑥'：電圧を大きくすると、①'より、導線は激しくあがり、その後は①'と同じような運動を繰り返した。
- ⑦'：磁力を強くすると、⑥'と同様に、①'より高く上がり、さらに①'や⑥'より高い位置で上がり下がりを行った。

(3) わかったこと

- (M) ②'～⑤'より、レールの実験と同様に、フレミングの左手の法則が成り立つことがわかった。
- (N) ⑥'より、レールの実験の際より反応の違いがよくわかった。
- (O) ⑦'より、レールの際には変わりのなかった磁力の違いによる力の強さの違いも、この実験では力が強くなっていることを確認することができた。

つまり、電圧でも磁力でもその大きさを大きくすれば、金属棒や銅線の動きも大きく、速くなるということがわかった。

7. 研究5

(1) 新たな仮説

<仮説5>

- ⑨レールの所々に、一定間隔でのりを塗り、2.5 Aの電流を流すときも、5.0 Aの電流を流すときも、銅の棒は止まる。

(2) 実験結果

2.5 Aのときは、初めは動いていたが、のりの塗った所に来ると、止まってしまった。しかし、5.0 Aのときは、2.5 Aのときより速く動き、のりの塗った場所でもスピードは落ちたが止まることはなかった。

やはり電圧が強いほうが、速く強く走ることができることがわかった。

8. まとめと今後の課題

リニアモーターを用いた今回の実験によって、フレミングの左手の法則が成り立っているということを証明することができた。また、電圧や磁力の強さと力の大きさの関係もわかった。

しかし、銅の棒や導線の動きを正確に計ることができなかった。また、さびや汚れ、摩擦などの影響が大きいことに途中で気づいたので、それらに影響されずに力の大きさを測る方法を考えていきたい。

また、この装置を応用し、手軽に使える玩具や乗り物などに利用する方法を考えていきたい。

9. 謝辞

サイエンス研究会物理班の活動において、米田先生には多大なご指導していただきました。この場で深く感謝申し上げます。